

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

JAPANESE

LEGAL
STATUS

1 / 1

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-048763

(43)Date of publication of application : 18. 02. 2000

(51)Int. Cl.

H01J 49/14

H01J 27/20

H01J 37/08

// G01N 27/62

(21)Application number : 10-209680

(71)Applicant : JEOL LTD

(22)Date of filing : 24. 07. 1998

(72)Inventor : NUKINA YOSHIHIRO

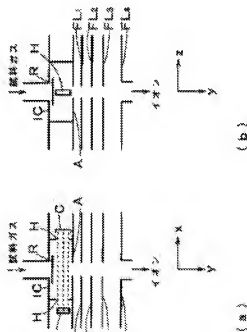
(54) ELECTRON IMPACT ION SOURCE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ion source which is excellent in convergence of the ion beam even when the ion acceleration voltage is as low as 100 V, high in sensitivity, and stably operated for a long time.

SOLUTION: When the thermoelectron passing through a rectangular thermoelectron passing hole H extending in the drawing direction (y-axis direction) of the ion from a filament F is impacted against a sample gas introduced in an ionization chamber IC, the ion is generated from the sample gas. This ion is drawn from an ion draw-out slit A. Since the thermoelectron passing hole H is extended in the y-axis direction, the ion is least cut by the ion draw-out slit A, and is efficiently drawn out of the ionization chamber IC. Thus, most of the generated ions are drawn out and effectively used, the efficiency of the sample ion to be drawn out of the ionization chamber IC is increased, and the sensitivity is improved. The

drawn-out ion is formed into the ion beam small in opening angle and high in convergence by electrostatic converging lenses FL of a specified number.



(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 J 49/14		H 0 1 J 49/14	5 C 0 3 0
27/20		27/20	5 C 0 3 8
37/08		37/08	
// G 0 1 N 27/62		G 0 1 N 27/62	G

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-209680

(22) 出願日 平成10年7月24日 (1998.7.24)

(71) 出願人 000004271

日本電子株式会社
東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号

(72) 発明者 眞名 義裕

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号 日本
電子株式会社内

(74) 代理人 100094757

弁理士 青木 健二 (外7名)

Fターム(参考) 50030 DD04 DE02 DE04 DE10

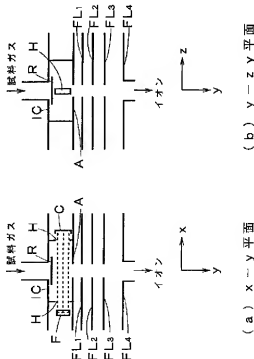
50038 GG01 GH02 GH11 GH13

(54) 【発明の名称】 電子衝撃型イオン源

(57) 【要約】

【課題】 イオン加速電圧が100V以下の低電圧でも、イオンビームの収束性により優れ、高感度で長時間安定して動作する電子衝撃型イオン源を提供する。

【解決手段】 イオン化室IC内に導入された試料ガスに、フィラメントFから、イオンの引出方向(y軸方向)に延びる矩形の熱電子通過孔Hを通ってくる熱電子が衝撃すると、試料ガスからイオンが発生する。このイオンは、イオン引出スリットAから引き出される。このとき、熱電子通過孔Hはy軸方向に延びているので、イオンはイオン引出スリットAでほとんどカットされなく、効率よくイオン化室ICから引き出される。したがって、発生したほとんどのイオンが引き出されて有効利用され、イオン化室ICから引き出せる試料イオンの効率が上昇し、感度が向上する。引き出されたイオンは所定数の静電収束レンズFLによって開き角度の小さい収束性の高いイオンビームにされる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料が導入されてこの試料をイオン化するイオン化室と、前記試料に衝撃して試料をイオン化する熱電子を発生するフィラメントと、このフィラメントの張り付け方向に沿って設けられ、前記熱電子のイオン化室内での空間的な広がりを限定する矩形の熱電子通過孔と、前記イオン化室内のイオンを引き出す溜のイオン引出スリットとを少なくとも備え、前記イオン化室内に導入された試料に前記熱電子が衝撃することにより試料をイオン化する電子衝撃型イオン源において、前記フィラメントは、フィラメントの面が前記イオン化室からイオンを引出加速する方向に沿って配置されて張り付けられているとともに、前記熱電子通過孔はその長手方向がイオンを引出加速する方向となるようにして前記フィラメントの張り付け方向に沿って設けられていることを特徴とする電子衝撃型イオン源。

【請求項2】 更に、前記イオン引出スリットの後方に所定数の静電収束レンズがイオン引出方向に沿って配設されており、これらの静電収束レンズのそれぞれに印加する電圧が、それぞれ前記イオン引出スリットから引き出されたイオンの開き角度が最小となるように設定されていることを特徴とする請求項1記載の電子衝撃型イオン源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、試料から発生したイオンを加速することにより、試料のイオンを質量の大きなイオンと質量の小さなイオンとに分離してイオン検出器に導入し、試料の質量分析を行う質量分析計において、試料からイオンを発生させるイオン源の技術分野に属し、特に、イオンの加速電圧が低加速電圧でありながら、イオンの収束性能優れ、高感度で長時間安定して動作する電子衝撃型イオン源 (Electron impact ion source: E-Ion源) の技術分野に属するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、質量分析計として、試料から発生させたイオンを加速することにより、試料のイオンを質

$$t_{xF} \approx L \sqrt{m/2U}$$

L : TOFMS全飛行距離 (So+d+1)

t_{xF} : TOFMS全飛行時間

m : イオン (m/e) の質量

U : TOFMSを飛行するイオンのZ方向の運動エネルギー

【0008】にしたがって質量分離され、質量の小さいイオンから順次イオン検出器8に検出される。ところで、このOA/TOFの外部イオン源1に用いられているイオン源の1つに、前述のE-Iイオン源がある。

【0009】図6はこのE-Iイオン源の一例を模式的に示し、(a)はそのx-y平面図、(b)はそのy-z平面図である。図中、ICはイオン化室、Rはイオンを

量の大きなイオンと質量の小さなイオンとに分離して質量分析器に導入し、試料の質量分析を行う飛行時間型質量分析計 (TOFMS) が提案されている。この飛行時間型質量分析計は、イオンに同一運動エネルギーを与えたとき、イオンの質量電荷比 (M : 質量数) が小さいものほど、イオン検出器に早く到達することを利用している。

【0003】このような飛行時間型質量分析計として、従来、イオンを連続的に出射する連続イオン化法を用いた垂直加速型飛行時間型質量分析計 (Orthogonal Acceleration TOFMS: OA/TOF) が提案されている。

【0004】図5は、このOA/TOFの一例を模式的に示す図である。図中、1は外部イオン源、2はビーム規制スリット、3は長さy₀のイオン溜、4はイオン押出プレート、5はイオン溜3のイオン放出口に設けられたグリッド、7はTOFMS分光部、8はイオン検出器である。

【0005】分析試料は電圧V₁が印加されている外部イオン源1で連続的にイオン化され、このイオンは運動エネルギー (eV₁) で加速されて、イオン規制スリット2を通過してイオン溜3に導入され、イオン溜3内をイオンの飛行方向 (y軸方向) にドリフトしながら飛行する。そして、このイオンが長さy₀のイオン溜3を充滿した状態で、イオン押出プレート4に任意の適当な時間間隔でイオン押出パルス用の高電圧パルス (振幅電圧=V₂) を印加すると、グリッド5が接地電位または接地電位近傍の電位に保持されているので、イオン溜3内のイオンは、運動エネルギー (eV₂) でy軸方向と垂直なTOFMSの光軸方向 (z軸方向) に加速され、イオン溜3のグリッド5から排出される。このとき、イオンはドリフト方向の長さy₀ (イオン溜3の長さ) のビーム長分が排出される。

【0006】イオン溜3から排出されたイオンはTOFMS分光部7に進入し、TOFMS分光部7内を飛行した後、イオン検出器8に到達する。このとき、イオンはTOFMS分光部7内の飛行中に、

【0007】

【数1】

押し出すためのイオンリベラ、Fは熱電子発生用のフィラメント、Hは熱電子通過孔、Aは引出スリット、Bは収束レンズ、Cは熱電子コレクタである。

【0010】フィラメントFは、直径約0.15〜0.2mmφのタンダステンまたはレニウム線で、両ステム間通常8〜10mmの距離を持つ2本のステム間にコイル状にしたものかまたは直線状に張り付けられている。

その場合、フィラメントFは、その平面がイオン化室I Cからイオンを引き出し加速する方向(y方向)に対して直角方向(z方向)に取り付けられている。このフィラメントFから発生した熱電子は、50~100eVの運動エネルギーを与えられて試料ガスに衝撃することにより、試料ガスをイオン化するようにになっている。

【0011】また、矩形の熱電子通過孔Hは、イオン化室I C内にフィラメントFの張り付け方向に沿って設けられており、この熱電子通過孔Hのサイズは、一般にイオンを引き出す方向(y方向)に対して1~2mmの幅に、またz方向に対して約5mmの長さで設定されている。すなわち、熱電子通過孔Hは、その長手方向がイオンを引き出す方向と直交する方向になるように、換言すればy方向に狭められて配置されている。

【0012】このように、熱電子通過孔Hのy方向が狭められている理由は、次の通りである。すなわち、イオン押出のためのイオンリベラR電圧と収束レンズB電圧からのはみ込み(または侵入)電圧により、イオン化室I Cにおいてy方向に電位傾斜が生じるようになる。通常、この電位傾斜の値は、数ボルト前後である。そして、このy方向の電位傾斜により、イオン化室I C内の主としてy方向に分布するガス試料のイオン化された位置の違いによって、イオンの運動エネルギーが異なるため

$$I = k \sigma n L \times I_e$$

k : イオン電流引出し効率

σ : 気体分子の衝突断面積

n : 分子密度

L : イオン化室内での熱電子の飛行距離

I_e : イオン化室内を貫通する電子電流

【0016】で与えられる。この数式2により明らかなるように、イオン電流 I はイオン化室I C内を貫通する電子電流 I_e に比例する。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このようなEイオン源においては、熱電子通過孔Hがz方向の長さが5mmであるとする、イオン化室I C内でz方向に5mmの範囲でガス試料のイオン化が行われる。しかし、この場合、図6に示す計算例(SIMONを使用)で窺えるように、yz平面において、電子通過孔Hの長手方向(z方向)に広がるイオンを引き出せる最大領域は、引出スリットAのz方向の幅に相当する領域が2.0mmであり、その他は引出スリットAでカットされて有効利用することはできない。このため、イオン化室から引き出される試料イオンの効率が悪く、感度が良好であるとはいえないばかりでなく、引出スリットAの周縁でコンタミネーションが起こり、イオン化室の寿命が短くなってしまうという問題がある。

【0018】更に、イオンが電子通過孔Hの長手方向(z方向)に広がるため、イオン溜り入射する入射角

に、運動エネルギー幅 ΔE を生じてしまう。そこで、この運動エネルギー幅 ΔE を極力制限するために、図6(b)に示すように矩形の熱電子通過孔Hを設けて、熱電子のイオン化室I C内でのy方向の空間的な広がりを限定している。この熱電子通過孔Hによる熱電子のy方向の空間的な広がりを限定することは、磁場型質量分析計や四重極質量分析計においては、所定の質量分解能を確保するために必要不可欠となっている。

【0013】更に、熱電子コレクタCは、イオン化室I C内で熱電子通過孔Hに対向する位置に設けられた、孔Hとほぼ同サイズの穴から構成され、単に、イオン化室I C内を貫通する電子電流をモニタ・制御しているだけではなく、イオン化室I Cのこの部分に熱電子が当たり、コンタミネーションが生じないようにするがあるいは最小に止めるためである。

【0014】更に、引出スリットAはイオン化室I C内に設けられた、イオンを引き出すためのスリットであり、z方向に1.0~2.0mm幅で、x方向に5~10mmの長さの矩形に設定されているか、または2mmφ前後の円形に設定されている。このEイオン源によって得られる、ガス試料のイオン電流 I^* は、

【0015】

【数2】

が大きくなり、イオンの収束性があり良好ではないという問題もある。

【0019】また、より分解能を高めるために、磁場型質量分析計や四重極質量分析計等に用いられている、1~2mmφの円形の細孔からなる通過孔Hの場合には、イオン化室I Cを貫通する電子電流をある一定値に確保するために、必然的にフィラメント電流が増大することになり、フィラメントの寿命が短縮してしまう。同時に、フィラメントからの全熱電子放出量に対するイオン化室I Cを貫通する電子電流量の比が低下するため、必然的に熱電子通過孔Hおよびこの周辺のコンタミネーションが起こりやすくなり、イオン化室I Cの洗浄インターバルが短くなる。

【0020】本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、その目的は、イオンの加速電圧が100ボルト以下の低電圧であっても、イオンビームの収束性により優れ、高感度で長時間安定して動作する電子衝撃型イオン源を提供することである。

【0021】

【課題を解決するための手段】前述の課題を解決するた

めに、請求項1も発明は、試料が導入されてこの試料をイオン化するイオン化室と、前記試料に衝撃して試料をイオン化する熱電子を発生するフィラメントと、このフィラメントの張り付け方向に沿って設けられ、前記熱電子のイオン化室内での空間的な広がりを限定する矩形的熱電子通過孔と、前記イオン化室内のイオンを引き出す溜のイオン引出スリットとを少なくともも備え、前記イオン化室内に導入された試料に前記熱電子が衝撃することにより試料をイオン化する電子衝撃型イオン源において、前記フィラメントが、フィラメントの面が前記イオン化室からイオンを引出加速する方向に沿って配置されて張り付けられているとともに、前記熱電子通過孔はその長手方向がイオンを引出加速する方向となるようにして前記フィラメントの張り付け方向に沿って設けられていることを特徴としている。

【0022】また、請求項2の発明は、更に、前記イオン引出スリットの後方に所定数の静電収束レンズがイオン引出方向に沿って配設されており、これらの静電収束レンズのそれぞれに印加する電圧が、それぞれ前記イオン引出スリットから引き出されたイオンの開き角度が最小となるように設定されていることを特徴としている。

【0023】

【作用】このような構成をした本発明の電子衝撃型イオン源においては、イオン化室内に導入された試料に、フィラメントから、イオンの引出方向（イオンの飛行方向）に延びる矩形的熱電子通過孔を通して熱電子が衝撃すると、試料からイオンが発生する。このイオンは、イオン引出スリットから引き出される。このとき、熱電子通過孔はイオン引出方向に延びて、このイオン引出方向と直交する方向に狭められているので、イオンはイオン引出スリットでほとんどカットされなく、効率よくイオン化室から引き出されるようになる。したがって、フィラメントの熱電子の衝撃によって発生されたほとんどのイオンが引き出され、有効利用されるようになる。これにより、イオン化室から引き出せる試料イオンの効率が上昇し、感度が向上するようになる。しかも、このように試料イオンの引出効率が上昇することから、イオン化室の電圧を100ボルト以下の低電圧にすることが可能となる。

【0024】また、イオン引出スリットから引き出されたイオンは、所定数の静電収束レンズによってその広がりや抑制されて、開き角度の小さい収束性の高いイオンビームを形成するようになる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明にかかる電子衝撃型イオン源の実施の形態の一例を部分的に示す図である。

【0026】前述の図6に示す外部イオン源1を構成するE1イオン源では、フィラメントFが、その平面がz方向となるように取り付けられているとともに、矩形的

熱電子通過孔HがフィラメントFの張り付け方向に沿って設けられてy方向に狭められて設けられているが、この例の外部イオン源1を構成するE1イオン源は、図1(a)に示すようにフィラメントFが、その平面が図6に対してx軸回りに90°回転したy方向となるように取り付けられているとともに、矩形的熱電子通過孔Hが同様に図6に対してx軸回りに90°回転したフィラメントFの張り付け方向に沿って設けられてy方向に長くなるようにして設けられている。すなわち、熱電子通過孔Hは、イオン化室1C内の電位傾斜に沿ったy方向の空間的に広がりを制限しないようにして、y軸方向5mmの長さでz軸方向1.0〜2.0mmの幅の矩形孔として形成されている。これによって、フィラメントFとして、例えば長さ約8mm、外径2.0mmφのタングステン線を直線状に張り付けた場合、電子の加速電圧が500V以上では、600μAの電子電流でも、図6のE1イオン源と同様にフィラメントFから放出される熱電子の80%以上がイオン化室1C内を飛行し、コレクタに到達させることができる。

【0027】また、OA/TOFMSに対して、外部イオン源1で生成されたイオンビームの飛行方向（y軸方向）のイオン位置の違いによるイオンの運動エネルギー幅(ΔE)がもたらすターンアラウンドエフェクトへの影響度は、イオン溜3への入射角(±θ)のイオナスθ(−θ)の間数であり、ΔEのz軸方向成分=ΔE・sin(−θ) = −ΔE・sin(θ) となり縮小される。

【0028】しかし、エネルギー幅(ΔE)がΔE ≤ eVであるならば、むしろ、E1イオン源の加速電圧であるイオン化室1Cの電位V1=数10ボルトが与えるイオンの運動エネルギーの方がΔEに比べて桁前後大い。前述のように、イオン溜3へのイオンビームの入射角±θがターンアラウンドエフェクトをもたらすz軸方向成分は、(V1+ΔE) sin(−θ) で表される。したがって、ΔEよりもV1の値が10倍前後大いいため、V1の値がターンアラウンドエフェクトへの影響を支配するようになる。

【0029】更に、この例のE1イオン源は、図2に示すように4枚の第1ないし第4静電収束レンズF1、F2、F3、F4が引出スリットAの後方にこれらの順に配設されている。その場合、第1および第3静電収束レンズF1、F3がフラットに形成されているとともに、第2および第4静電収束レンズF2、F4が断面L字形に形成されている。

【0030】一般に、電圧V1が小さくなると、イオンのイオン溜3への入射角(±θ)が大きくなる傾向にあり、したがって、特にOA/TOFMSでのターンアラウンドエフェクトへの影響を最小化するには、V1の値ともに入射角(±θ)を最小化する必要がある。そのためは、イオン引出スリットA以降の第1ないし第4静電収束レンズF1、F2、F3、F4を最適化する必要が

ある。

【0031】いま、イオン引出スリットAの径を2.0 mmφに、イオン化室1Cの電位 V_1 を+3.0ボルトに、イオンリベラRの電圧を+3.3ボルトに、およびイオン溜3の電位を0ボルトにそれぞれ設定したとき、第1ないし第4静電収束レンズ F_{L1} 、 F_{L2} 、 F_{L3} 、 F_{L4} を最適化するには、それぞれの電圧はある幅を有するが、およそ-0.3× V_1 、-4.0× V_1 、-7.0× V_1 、-3.0× V_1 に設定される。このように第1ないし第4静電収束レンズ F_{L1} 、 F_{L2} 、 F_{L3} 、 F_{L4} を最適化した状態でのイオンビームの軌道を計算した結果、図2および図3に示すようなイオン軌道が得られるとともに、図4に示すような電位分布が得られた。これによると、イオンビームはイオン引出スリットAを通過した後、第1ないし第4静電収束レンズ F_{L1} 、 F_{L2} 、 F_{L3} 、 F_{L4} によってイオンの広がりが抑制され、イオンのイオン溜3への入射角(±θ)が小さく抑えられることがわかった。

【0032】このように構成されたこの例のE1イオン源においては、イオン化室1C内に導入された試料に、フィラメントFから、イオンの引出方向(y軸方向)に延びる矩形の熱電子通過孔Hを通過して来る熱電子が衝撃すると、試料からイオンが発生する。このイオンは、イオン引出スリットAから引き出される。このとき、熱電子通過孔Hはy軸方向に延びて、z軸方向に狭められているので、イオンはイオン引出スリットAでほとんどカットされなく、効率よくイオン化室1Cから引き出されるようになる。したがって、フィラメントFの熱電子の衝撃によって発生されたほとんどのイオンが引き出され、有効利用されるようになる。これにより、イオン化室1Cから引き出せる試料イオンの効率上昇し、感度が向上するようになる。しかも、このように試料イオンの引出率が上昇することから、イオン化室1Cの電圧 V_1 を1.0ボルト以下の低電圧にすることが可能となる。

【0033】また、イオンのほとんどが有効利用されることにより、イオン引出スリットAの近傍周縁に、イオンによるコンタミネーションがほとんど生じなくなる。このため、イオン化室1Cが汚れなくなり、イオン化室1Cは長時間にわたって安定して使用することが可能となる。

【0034】更に、熱電子通過孔Hがy軸方向に延びていることから、前述の従来に比べて熱電子が熱電子通過孔Hを衝撃するおそれは小さくなる。これにより、熱電子通過孔H近傍のコンタミが少なくなり、同様に熱電子がイオン化室1Cの長寿命化が可能となる。

【0035】更に、エレクトロン通過孔のz軸方向の幅は、1.0mm程度で十分であり、z軸方向の光源サイズが小さくなり、イオン加速電圧 V_1 が数十ボルトであっても、OA/TOFMSに適した開き角度(θ)の小さい収束

性の高いイオンビームを得ることができる。

【0036】更に、フィラメントFからの同一エミッション量を得るためのフィラメント加熱電流の節約ができると共に、イオン化室1CのフィラメントFからの放射熱が低減でき、熱に弱い試料化合物の熱分解が抑えやすくなる副次的効果も得られる。

【0037】なお、第2静電収束レンズ F_{L2} の断面がL字形に設定されているが、各辺の長さaとbの比を任意に選ぶことができ、場合によっては、b=0としたフラットな形状にすることもできる。

【0038】また、静電収束レンズは4枚に限定されることなく、何枚でもかまわない。更に、イオン軌道計算結果においても、実際のイオン源の製作においても、ディメンジョンの選択に対して相似則が成り立つことは言うまでもない。

【0039】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の飛行時間質量分析計によれば、熱電子通過孔をイオン引出方向に延びるようにして設けているので、イオンをイオン引出スリットでカットされなく、効率よくイオン化室から引き出すことができる。したがって、フィラメントの熱電子の衝撃によって発生したほとんどのイオンを、有効利用することができるようになる。これにより、イオン化室から引き出せる試料イオンの効率を上昇でき、感度を向上させることができる。しかも、このように試料イオンの引出率が上昇することから、イオン化室の電圧を1.0ボルト以下の低電圧にすることが可能となる。

【0040】また、イオンのほとんどを有効利用できることにより、従来、イオンによりイオン引出スリットの近傍周縁に生じていたコンタミネーションを防止できる。これにより、イオン化室の汚れを防止でき、イオン化室を長時間にわたって安定して使用することが可能となる。更に、熱電子通過孔がイオン引出方向に延びていることから、従来に比べて熱電子が熱電子通過孔を衝撃するおそれが小さくなり、熱電子通過孔近傍のコンタミを低減できる。こうして、イオン化室の長寿命化が可能となる。

【0041】更に、所定数の静電収束レンズによって、イオン引出スリットから引き出されたイオンの広がりを抑制しているので、開き角度の小さい収束性の高いイオンビームを形成できるようになる。しかも、イオン源の加速電圧が低加速電圧にできるため、イオン引出方向と直交する方向において、光源サイズを小さくでき、イオン加速電圧が数十ボルトであっても、OA/TOFMSに適した開き角度の小さい収束性の高いイオンビームを更に一層得ることができる。

【0042】更に、フィラメントからの同一エミッション量を得るためのフィラメント加熱電流の節約ができると共に、イオン化室のフィラメントからの放射熱が低減

でき、熱に弱い試料化合物の熱分解が抑えやすくなる副次的効果も得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかる電子衝撃型イオン源の実施の形態の一例を模式的に示し、(a)はそのx-y平面図、(b)はそのy-z平面図である。

【図2】 図1に示す例の電子衝撃型イオン源の静电収束レンズを具体的に示す図である。

【図3】 図2に示す静电収束レンズ部分の部分拡大図である。

【図4】 図1ないし図3に示す例の電子衝撃型イオン源におけるでに分布を示す図である。

【図5】 本発明の電子衝撃型イオン源も適用される、イオンを連続的に射出する連続イオン化法を用いた従来

の垂直加速型飛行時間型質量分析計の一例を模式的に示す図である。

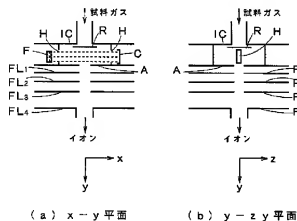
【図6】 従来の電子衝撃型イオン源の一例を模式的に示し、(a)はそのx-y平面図、(b)はそのy-z平面図である。

【図7】 従来の電子衝撃型イオン源におけるイオン引出効率を説明する図である。

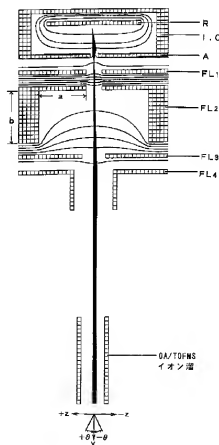
【符号の説明】

I C…イオン化室、F…フィラメント、H…熱電子通過孔、A…イオン引出スリット、R…イオンリベラ、FL1…第1静电収束レンズ、FL2…第2静电収束レンズ、FL3…第3静电収束レンズ、FL4…第4静电収束レンズ、C…熱電子コレクタ

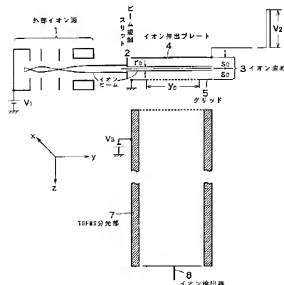
【図1】



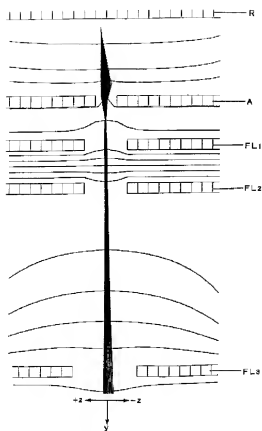
【図2】



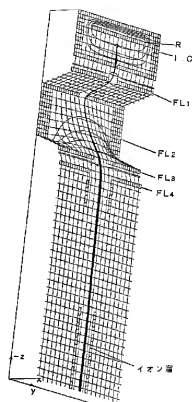
【図5】



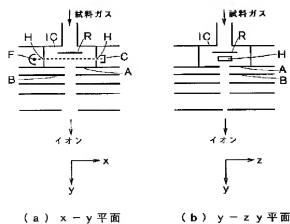
【図3】



【図4】



【図6】



【図7】

